

The Mallory-head hydroxyapatite coated femoral prosthesis : studies on patient outcome, radiology and bone density

Citation for published version (APA):

Gosens, T. (2004). *The Mallory-head hydroxyapatite coated femoral prosthesis : studies on patient outcome, radiology and bone density*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Universiteit Maastricht. <https://doi.org/10.26481/dis.20041118tg>

Document status and date:

Published: 01/01/2004

DOI:

[10.26481/dis.20041118tg](https://doi.org/10.26481/dis.20041118tg)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

CHAPTER XI

SUMMARY IN ENGLISH



SUMMARY IN ENGLISH

Total hip arthroplasty has become one of the most commonly performed procedures in the orthopaedic practice. Periprosthetic bone loss is one of the most common complications of total hip replacement. Bone loss can be due to adaptive bone remodeling and osteolysis because of polyethylene wear products. In this thesis the first is studied more intensively. The implantation of a stem in the femoral canal radically alters the stress distribution in the femur and this alteration in the local mechanical situation results in changes of the bony architecture. This thesis contains studies about the patient outcome, the radiologic and the bony remodeling behavior of the cementless porous and hydroxyapatite coated femoral prosthesis according to Mallory-Head (Biomet, Warsaw, Indiana, USA).

MODIFIED "OXFORD HEUP SCORE"

Chapter 3 presents the validation and translation of the modified "Oxford Heup Score": a questionnaire tailored to the Dutch situation and language based on the 12-item questionnaire by Dawson et al. We added two specific hip items, "the need for walking aids" and "sexual problems because of the hip", four general items on overall satisfaction and one question about patient classification. The 14 hip specific items were scored, each from 1 (least difficulties) to 5 (most difficulties). The Dutch version (the modified "Oxford Heup Score") was tested on psychometric quality in a multicenter prospective study.

The psychometric results of the modified "Oxford Heup Score" proved to be adequate. In the first postoperative year, the score was very sensitive for changes; in the second year it did not change significantly. The two added hip specific questions were both filled out positively by more than 50% of the patients and fit therefore perfectly in this hip specific patient outcome questionnaire.

The Dutch modified "Oxford Heup Score" proves to be an appropriate instrument to assess the outcome of total hip replacement from the patient's perspective. Together with the judgement of the surgeon it provides useful insights into the question whether this operation has been a success or not. In our opinion this score reflects the patients' opinion about his or her total hip prosthesis better than the more known doctors' opinion based scores such as the Harris Hip Score or the Merle d'Aubigné score.

THE MALLORY-HEAD PROSTHESIS

In chapter 4 the rational design and the known literature of the Mallory-Head cementless prosthesis are presented. It is a straight titanium, double tapered prosthesis with a proximal porous and hydroxyapatite coating. The 10 to 13 years results are published in 2001 and 2002 by Mallory et al. and Bourne et al. and are excellent.

PRIMARY RESULTS

Chapter 5 presents the results of a study of 152 hips in 126 patients with the Mallory-Head HA-coated double tapered straight femoral prosthesis. The follow up period was 4.2 to 9.6 years. All but two prostheses showed osseointegration. The mean Harris Hip Score increased from 40 to 92 points and 97% of the patients had no or only mild pain.

Limping and the use of walking aids decreased substantially after the operation. The morphology of positive bone remodeling with either endosteal bone formation or periosteal bone formation was correlated with the stem fit in the medullary canal ($p=0.0001$). Negative bone remodeling features could not be demonstrated. There was no correlation between the clinical parameters and the radiologic phenomena. The above mentioned functional results combined with a survival rate of 98.7% after 6.4 years leads to the conclusion that this prosthesis produces excellent results in primary total hip arthroplasty.

DYSPLASIA RESULTS

In chapter 6 we studied 63 cementless Mallory-Head prostheses that were used in primary total hip arthroplasty in 50 patients with osteoarthritic hips due to congenital hip dysplasia. The patients were followed for a mean period of 75.1 (range 44 - 110) months. Clinical and radiologic analysis were performed.

The mean Harris Hip Score increased from 42 to 90 points; 97% of the patients had no or only mild pain, while limping decreased from 90% to 20%. Complications were marginal: no infections, one habitual dislocation, one peroperative fracture of the femur and one transient ischiadic nerve palsy.

Radiographically no subsidence of the prosthesis nor any atrophy of the proximal femur could be detected. No correlations were found between the radiologic phenomena and the clinical outcome, but the tightness of the fit of the prosthesis had a definitive influence on the radiographic bone remodeling pattern.

We concluded that the cementless Mallory-Head HA-coated femoral prosthesis showed excellent clinical and radiologic mid term results in osteoarthritic hip dysplasia patients. There was no need for the use of a specially designed dysplasia femoral prosthesis.

REVISION RESULTS

In chapter 7 we prospectively studied 48 hips in 47 patients with a mean age of 59.6 years and reviewed the results after a mean period of follow up of 6.1 (range 4 - 9.3) years following revision arthroplasty for aseptic loosening using a primary HA-coated femoral stem. 1.8 Previous operations per patient were performed, ranging from 1 to 8, all patients had a femoral defect class 1 or 2 according to Paprosky.

Clinical outcome was good with a mean increase of the Harris Hip Score from 39 to 90 points. Pain was absent in 89%, a limp was present in 36% and 41% used a walking aid. There were 5 re-operations: 4 recurrent dislocations and 1 progressive PE wear necessitated cup revision. At 6 years, 39% cancellous densifications were seen, especially in non-tightly fitted prostheses, mainly in zone 2 and 6. Cortical thickening was seen in 30%, especially in tightly-fitted prostheses, mainly in zone 3 and 5. These differences in radiologic behavior were significant and were not related with various clinical parameters. These phenomena started to appear from 6 months onwards with increasing frequency with longer follow up. The stem survival up till 6.1 years is 100%, no stem is pending revision at the latest follow up.

We concluded that the primary Mallory-Head HA-coated femoral prosthesis is a suitable prosthesis to use in revision procedures with a lower class femoral defect.

COMPARISON OF THE GROUPS

The aim of the study presented in chapter 8 was to describe the differences in clinical and radiologic behavior of the Mallory-Head femoral stem in different operation groups. The radiologic reactions around femoral prostheses have very variable incidences in literature. Even with identical prostheses in different studies the reactions are very different. These percentages are described as features of the prosthesis or its osseointegration. We also tested the hypothesis that the radiologic reactions were influenced by the tightness of the fit of the prosthesis in the femoral canal and can thus be predicted, irrespective of operative group, stem size, grade of osteoporosis and femoral morphology.

The clinical results in all three groups are slightly favourable for the standard primary group, but in terms of survival and radiologic behavior the groups were comparable. Non-tight femoral fit significantly influenced the development of cancellous densification, but osteoporosis also contributed. Only femoral canal fit significantly influenced the development of cortical thickening independently of other parameters. There was no correlation between clinical parameters and the radiologic phenomena in either of the groups.

DEXA STUDY

The DEXA study, chapter 9, showed that statistically significant bone loss occurred in all seven Gruen zones during the first 3 months following implantation. For both the ABG and the Mallory-Head prosthesis the bone loss was larger in Gruen zones 1 and 7 compared with Gruen zones 2 to 6. Following the period of rapid loss during the first 3 months, bone mass in Gruen zones 2 to 6 either reached a plateau or showed a small but non-significant trend towards recovery. However, bone mass continued to decrease in Gruen zones 1 and 7 in ABG patients and in Gruen 1 in Mallory-Head patients until a plateau was reached 12 months postoperatively. For both prostheses at 3 years the BMD decrease was largest in Gruen zones 1 and 7, with mean losses of 12.6 % and 16.3 % respectively in ABG and 10.9 % and 6.3% in Mallory-Head patients.

The pattern of bone remodeling observed in the different Gruen zones will reflect the local load transferred from the stem to periprosthetic bone. The findings suggest that in the ABG stem the load transfer occurred mostly distally to Gruen zones 1 and 7 with more load distributed medially than laterally. In patients with the Mallory-Head stem, compared to the ABG prosthesis, there was evidence of positive bone remodeling in the zone 7 region. The large difference of 10% in the 3-year bone loss in Gruen zone 7 between the Mallory-Head and ABG patients suggests that there was better proximal load transfer in zone 7 in Mallory-Head patients. In contrast, the differences for Gruen zone 4 may indicate that load transfer is occurring at the tip of the stem in MH patients, an unwanted effect. These findings confirm that the design of the prosthesis can influence the loading pattern to periprosthetic bone and consequently affect the periprosthetic bone loss.

A striking finding of this study was the highly significant relationship between periprosthetic bone loss and the preoperative BMD measurements in the spine, hip and forearm, indicating an important relationship between bone loss following THA and the patient's bone quality at the time of operation.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The Mallory-Head femoral prosthesis with a proximal hydroxyapatite coating has excellent clinical results in standard primary, dysplastic primary and low grade revision cases. The results are slightly favourable for the standard primary group, but in terms of survival and radiologic behavior the groups were comparable. One can argue about the fact that most dysplasia cases in our study had only slightly deformed femora and the same can be said from the revision cases. The studies do not show that in every heavily deformed femur (dysplasia or revision) the standard Mallory-Head proximally HA-coated stem can be used. Most cases in a normal practice are like the cases we described and therefore we can draw the conclusion that in the hands of non-inventors, in a standard hospital, the results with this prosthesis are excellent. Even in some less ordinary cases with really abnormal femora an excellent result can be obtained. In higher class femoral deficiencies in revisions we advise not to use this standard prosthesis, but use a calcar replacing stem or a stem that is designed for distal fixation.

The remodeling is characterized by the absence of proximal bone loss and the existence of a distally progressing ossifying front: not only the proximal hydroxyapatite coated part of the prosthesis is integrated into the femoral bone but in later follow up also the more distal uncoated parts of the stem show osseointegration. This is not according to the idea with which the prosthesis was designed. Therefore it is not logical that with the existence of positive bone remodeling in the midstem regions, negative proximal bone remodeling is absent.

The pattern of remodeling is identical in all three operation groups, irrespective of the femoral morphometry, sex, age, or other patient related factors. The femoral fit is the most influencing factor in predicting radiologic changes, such as cortical thickening, endosteal spotwelding and reactive line formation at the tip of the stem. The influence of osteoporosis or the hypothesis that femoral fit acts as an intermediating factor could not be excluded definitively using radiographs.

Since femoral fit is a predicting factor in the radiologic remodeling pattern, one might conclude that with a good metaphyseal fit and a non-tight canal fit less distal ingrowth will happen, which will lead to less positive remodeling in the mid-stem regions and thus less negative remodeling in the proximal zones. A more tapering and less long prosthesis might lead to higher bone densities and less bone loss by diminished stress shielding to the distal end of the stem.

The weaknesses of plain radiographs in demonstrating bone density changes around a femoral prosthesis were demonstrated by the use of a DEXA study. From plain radiographs one might conclude that no proximal bone loss occurs, but with DEXA this loss is visible from the beginning. DEXA also makes the relation between remodeling and pre-existent osteoporosis visible: pre-existent osteoporosis leads to more intense bone loss and less complete remodeling and is a more important factor in predicting post-operative bone loss than the design of the prosthesis.

Future developments in this field of orthopaedics may be that before implantation of a femoral prosthesis, bone density will be measured and when osteoporosis is diagnosed, alendronate will be used to optimise bone density before surgery.

CHAPTER XII

SUMMARY IN DUTCH
(SAMENVATTING IN HET NEDERLANDS)



SUMMARY IN DUTCH (SAMENVATTING IN HET NEDERLANDS)

De totale heup arthroplastiek is tegenwoordig een van de meest verrichte operaties in de orthopaedische praktijk. Botverlies rondom een prothese is een van de meest voorkomende complicaties van een totale heup vervanging. Dit botverlies kan een gevolg zijn van adaptieve remodelering of door debris door slijtage van polyethyleen. In dit proefschrift wordt het eerstgenoemde mechanisme bestudeerd. De implantatie van een gesteelde prothese in het mergkanaal van het femur verandert de belastingsverdeling in het femur ingrijpend. Deze verandering van de lokale mechanische situatie leidt tot aanpassingen van de architectuur van het bot.

Dit proefschrift bevat studies over de patiënt gerelateerde uitkomsten, de radiologische resultaten en de veranderingen in de architectuur van het femur rondom de cementloze, femorale heupprothese met een proximale poreuze en hydroxyapatiet coating volgens Mallory-Head (Biomet, Warsaw, Indiana, USA).

DE GEMODIFICEERDE "OXFORD HEUP SCORE"

Hoofdstuk 3 behandelt het proces van vertalen en valideren van de gemodificeerde "Oxford Heup Score": een vragenlijst aangepast aan de Nederlandse situatie en taal, gebaseerd op de "12-item questionnaire" van Dawson et al. Een tweetal vragen werd toegevoegd: "het gebruik van stok of kruk" en "sexuele problemen vanwege de heup". Ook werden 4 algemene vragen over tevredenheid en een vraag over de Charnley klasse van de patiënt toegevoegd. De 14 heup specifieke vragen werden van 1 (minste problemen) tot 5 (meeste problemen) gescoord. De Nederlandstalige versie (de gemodificeerde "Oxford Heup Score") werd vervolgens getest op zijn psychometrische kwaliteiten in een multicenter prospectieve studie.

De psychometrische kwaliteiten van de gemodificeerde "Oxford Heup Score" bleken adequaat te zijn. In het eerste jaar na de operatie was de score zeer gevoelig voor veranderingen; in het tweede jaar veranderde de score niet veel. De twee toegevoegde vragen werden beide door meer dan 50% van de ondervraagden positief beantwoord. Daarom past dit tweetal vragen in een heup specifieke vragenlijst.

De gemodificeerde "Oxford Heup Score" heeft bewezen een goed instrument te zijn om de uitkomsten van totale heupvervanging te beoordelen vanuit het gezichtspunt van de patiënt. Samen met de beoordeling van de chirurg geeft deze score inzichten in de vraag waarom een nieuwe heup succesvol is of niet. Naar de mening van de auteurs wordt de mening van de patiënt over zijn of haar heup beter weergegeven met deze score dan met de bekende op de mening van de arts gebaseerde scoresystemen als de Harris Hip Score of de Merle d'Aubigné score.

DE MALLORY-HEAD PROTHESE

In hoofdstuk 4 wordt het design en de literatuur aangaande de Mallory-Head cementloze prothese gepresenteerd. Het betreft een rechte titanium, dubbel taps toelopende prothese met een proximale poreuze en hydroxyapatiet coating. De 10 tot 13 jaars resultaten zijn in 2001 en 2002 gepubliceerd door Mallory et al. en Bourne et al. en zijn zeer goed.

RESULTATEN IN DE PRIMAIRE GROEP

Hoofdstuk 5 behandelt de resultaten van een studie van 152 heupen van 126 patiënten met de Mallory-Head femoral heupprothese. De follow up bedroeg 4,2 tot 9,6 jaar. Op twee na alle protheses vertoonden botingroei. De gemiddelde Harris Hip Score steeg van 40 naar 92 punten en 97% van de patiënten had geen of slechts milde pijn. Manklopen en het gebruik van stok of kruk verminderde aanzienlijk na de operatie. De morfologie van de positieve bot remodelering met ofwel endostale botvorming ofwel periostale botvorming was gecorreleerd aan de vulling van het mergkanaal door de steel van de prothese ($p=0.0001$). Negatieve botremodelering werd niet waargenomen. Er was geen correlatie tussen de radiologische verschijnselen en de klinische resultaten. De hierboven genoemde functionele resultaten gecombineerd met een overleving van 98.7% na 6,4 jaar leidt tot de conclusie dat deze prothese zeer goede resultaten geeft bij primaire heupvervangings.

RESULTATEN IN DE DYSPLASIE GROEP

In hoofdstuk 6 werden de resultaten op klinisch en radiologisch gebied bestudeerd van 63 cementloze Mallory-Head prothesen die werden gebruikt voor een primaire totale heupvervangings bij 50 patiënten met coxarthrose op basis van congenitale heupdysplasie. De patiënten werden gevolgd gedurende gemiddeld 75,1 (44 - 110) maanden. De klinische en radiologische resultaten werden ook hier beoordeeld.

De gemiddelde Harris Hip Score steeg van 42 naar 90 punten; 97% van hen had geen of slechts milde pijn, terwijl manklopen verminderde van 90% naar 20%. Het aantal complicaties was marginaal: geen infecties, één patiënt met habituele luxaties, één per-operatieve femurfractuur en één voorbijgaande neuropraxie van de n. ischiadicus.

Radiologisch kon geen inzakking van de prothese worden gezien, noch een verlies van botmassa in het proximale femur. Er werden geen correlaties waargenomen tussen de klinische en de radiologische parameters, maar de mate van vulling van het mergkanaal door de prothese bleek ook hier een zekere invloed te hebben op het radiologische remodeleringspatroon.

Uit deze studie werd geconcludeerd dat de cementloze Mallory-Head HA-gecoate femorale heupprothese excellente klinische en radiologische middellange termijns resultaten liet zien in deze groep met dysplasie patiënten. Er werd geen noodzaak gezien voor een speciaal ontwikkelde dysplasie prothese.

RESULTATEN IN DE REVISIE GROEP

In hoofdstuk 7 werden prospectief 48 heupen van 47 patiënten met een gemiddelde leeftijd van 59,6 jaar onderzocht. De resultaten werden beoordeeld na een gemiddelde periode van 6,1 (4 - 9,3) jaar na een revisie heup arthroplastiek voor aseptische loslating gebruik makende van de primaire HA-gecoate femursteel. 1.8 eerdere operaties per patiënt werden verricht, variërend van 1 tot 8. Alle patiënten hadden een femoraal defect dat werd geclassificeerd volgens Paprosky als klasse 1 of 2. Het klinische resultaat was goed met een stijging van de Harris Hip Score van 39 naar 90 punten. Pijn was afwezig bij 89%, manklopen bleef aanwezig bij 36% van de patiënten en 41% maakte nog steeds gebruik van een wandelstok.

Er waren 5 reoperaties: 4 in verband met recidiverende luxaties en één voor een

progressieve slijtage van de polyethyleen liner van de cup. Bij een follow up van 6 jaar was er in 39% van de gevallen sprake van cancellieuze verdichtingen, met name bij niet strak passende prothesen en vooral in zone 2 en 6. Corticale verdikkingen werden in 30% van de gevallen gezien, voornamelijk bij strak passende prothesen met name in zone 3 en 5. Deze verschillen in radiologisch gedrag waren significant en konden niet worden gerelateerd aan klinische parameters. Deze fenomenen ontstonden voor het eerst rond de 6^e maand van de follow up en de frequentie ervan steeg met het groeien van de lengte van de follow up. De survival van de femurprothese tot aan 6,1 jaar is 100% en geen van de prothesen is gepland voor revisie.

De conclusie luidt dat de primair bedoelde Mallory-Head HA-gecoate femorale heupprothese ook met goed gevolg gebruikt kan worden voor revisie patiënten, met name die met klasse 1 of 2 femoraal defect,

VERGELIJKING VAN DE GROEPEN

Het doel van de in hoofdstuk 8 gepresenteerde studie is het vergelijken van de klinische en radiologische resultaten van de Mallory-Head femorale heupprothese in de verschillende operatiegroepen. Gezien het feit dat de radiologische reacties rondom de prothesen variëren in frequentie, niet alleen bij verschillende prothesen, maar ook bij dezelfde prothesen in andere studies, is het onwaarschijnlijk dat deze verschillen een gevolg zijn van het design van de prothese. Daarom werd de hypothese getest dat deze verschillen afhankelijk zijn van de vulling van de prothese in het mergkanaal van het femur en dat de verschillen dus konden worden voorspeld onafhankelijk van de operatiegroep, de dikte van de prothese, de mate van osteoporose of de vorm van het femur.

De klinische resultaten zijn marginaal beter in de standaard primaire groep, maar wat betreft de survival van de prothese zijn er geen verschillen. Een niet strakke vulling van het mergkanaal beïnvloedde de ontwikkeling van endostale botvorming significant, maar hierin droeg ook de mate van osteoporose bij. Wat betreft de ontwikkeling van corticale verdikkingen was de vulling van het femorale mergkanaal de enige factor die een significante invloed had. Er werd geen correlatie gevonden tussen de klinische en de radiologische parameters in alle groepen.

DEXA

De DEXA studie gepresenteerd in hoofdstuk 9 laat zien dat een statistisch significant botverlies optreedt in de eerste drie maanden na de implantatie van een heupprothese. Voor zowel de ABG als de Mallory-Head prothese geldt dat het botverlies groter is in de zones 1 en 7 vergeleken met 2 en 6. Na deze periode van snel botverlies ontstaat er in zone 2 en 6 een plateau of is er zelfs een niet significante trend van herstel van botmassa zichtbaar. De botmassa bleef echter verminderen in zone 1 en 7 bij de ABG patiënten en in zone 1 bij de Mallory-Head patiënten, totdat een plateau werd bereikt op 12 maanden postoperatief. Voor beide prothesen was na 3 jaar het verlies van botmassa het grootst in zones 1 en 7, met gemiddelde verliezen voor de ABG prothese van 12.6 % en 16.3 % respectievelijk en voor de Mallory-Head prothese van 10.9 % en 6.3%.

Het patroon van botremodellering in de diverse Gruen zones is een uiting van de lokale belasting van het omliggende bot door de prothese. De bevindingen suggereren dat bij de ABG prothese de belasting van het bot meer naar distaal van zones 1 en 7 gaat, met een hogere belasting mediaal dan lateraal. Voor de Mallory-Head prothese geldt dat, in vergelijking met de ABG prothese, er een teken was van positieve botremodellering in

zone 7. Het grote verschil van 10% in de 3 jaars resultaten in deze zone suggereert een betere belasting van het proximale bot door de Mallory-Head prothese. Daarentegen is het verschil in zone 4 een bewijs voor belasting van het bot distaal van de steel in de Mallory-Head groep. Dit is een niet gewenst effect. Deze bevindingen bevestigen dat het design van de prothese het belastingspatroon van het periprosthetische bot kan beïnvloeden en daardoor kan leiden tot verlies van botmassa. Een belangrijke andere bevinding is de zeer significante relatie tussen het periprosthetische botverlies en de preoperatieve botdichtheid in de wervels, de heup en de onderarm. Dit wijst op een belangrijke relatie tussen het botverlies na een totale heupprothese en de kwaliteit van het bot ten tijde van de operatie.

DISCUSSIE EN CONCLUSIES

De Mallory-Head femorale heupprothese met een proximale hydroxyapatiet coating heeft zeer goede resultaten bij gebruik in primaire, dysplasie en relatief eenvoudige revisie patiënten. De resultaten zijn licht in het voordeel van de standaard primaire groep, maar met betrekking tot de survival van de prothese en de radiologische remodelerings fenomenen zijn zij identiek. Men kan discussiëren over het feit dat de meeste dysplasie en revisie patiënten een minder afwijkend femur hadden wat betreft morfologie en mate van osteoporose. De hier gepresenteerde studies bewijzen niet dat in elk, hoe zwaar gedeformeerd ook, femur de standaard Mallory-Head proximaal HA-gecoate prothese gebruikt kan worden. De meeste gevallen in de dagelijkse praktijk zijn gevallen zoals hier beschreven, en van daaruit kan men de conclusie trekken dat in de handen van niet-ontwerpers van deze prothese, in een standaard ziekenhuis, de resultaten van deze prothese zeer goed zijn. Zelfs in enkele minder vaak voorkomende gevallen met een echt abnormale vorm of kwaliteit van het femur kan een zeer goed resultaat worden behaald. Bij revisies met ernstige femurdefecten wordt de standaard prothese niet geadviseerd, maar kan een calcar vervangende steel of een distaal gefixeerde steel worden gebruikt.

Radiologisch wordt de remodelering gekarakteriseerd door de afwezigheid van proximaal botverlies en de aanwezigheid van een distaal voortgaand ossificerend front: niet alleen het hydroxyapatiet gecoate gedeelte van de prothese is in het femur geïntegreerd, maar ook bij langere follow up de meer distaal gelegen ongecoate delen van de prothese. Dit is niet in overeenstemming met wat het design beoogde. Het is echter niet logisch dat bij een aanwezige positieve botombouw in het midden van de steel er geen proximale negatieve botombouw aanwezig is. Het patroon van botombouw is identiek in alle drie de groepen, ongeacht de vorm van het femur, geslacht, leeftijd of andere patiënt gerelateerde factoren. De vulling van het mergkanaal van het femur is de meest invloedrijke factor in het voorspellen van radiologische veranderingen, zoals corticale verdikkingen, endostale verdichtingen en reactieve lijn formatie aan het einde van de steel. De invloed van osteoporose, dat als intermediair kan werken, kan niet door middel van Röntgenfoto's worden uitgesloten, maar lijkt wel degelijk van belang.

Omdat femorale vulling de voorspellende factor is in het radiologische remodeleringsproces, zou met een goede metafysaire passing en een niet strakke diafysaire passing minder distale ingroei aanwezig zijn, hetgeen tot minder positieve botombouw in de diafysaire zones en meer positieve botombouw in de proximale zones zou kunnen leiden. Een meer getaperde en minder lange prothese zouden kunnen leiden tot hogere proximale botmassa's en minder botverlies door minder krachtengleiding naar het eind van de steel.

De zwakheden van de standaard Röntgenfoto's bij de bestudering van veranderingen

in botdichtheid rondom een femorale heupprothese werden duidelijk gedemonstreerd door de DEXA studie. Waar op de conventionele opnames geen proximaal botverlies aanwezig leek te zijn, was dit overduidelijk op de DEXA scan vanaf het eerste moment aanwezig. DEXA maakt ook de relatie tussen remodelering en pre-existente osteoporose zichtbaar: pre-existente osteoporose leidt tot een groter periprosthetisch botverlies en een veel lager herstel van de botdichtheid. Ook is osteoporose een belangrijkere factor in het voorspellen van periprosthetisch botverlies dan het design van de prothese.

Toekomstige ontwikkelingen in dit gedeelte van de orthopaedie zouden kunnen zijn dat voorafgaand aan de plaatsing van een femurprothese, de botdichtheid wordt gemeten en wanneer osteoporose wordt gediagnostiseerd, alendronaat gebruikt zal worden om de botdichtheid te optimaliseren voordat wordt overgegaan tot plaatsing van de prothese.